

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of
Inventor(s): HOSINO et al.

Appln. No.:	Unassigned
Series Code	Serial No.

Group Art Unit: Unassigned

Filed: April 17, 2001

Examiner: Unassigned

Title: FABRICATING PROCESS OF A SEMICONDUCTOR
DEVICE INCLUDING A CVD PROCESS OF A METAL FILM

Atty. Dkt. P 280192	EL00028CDC
M#	Client Ref

Date: April 17, 2001

**SUBMISSION OF PRIORITY
DOCUMENT IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

Hon. Asst Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
2000-115187	JAPAN	April 17, 2000

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP
Intellectual Property Group

1100 New York Avenue, NW
Ninth Floor
Washington, DC 20005-3918
Tel: (202) 861-3000
Atty/Sec: gjp/mjb

By Atty: Glenn J. Perry

Sig: 

Reg. No. 28458

Fax: (202) 822-0944
Tel: (202) 861-3070

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

J1041 U.S. PTO
09/835820
04/17/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年 4月17日

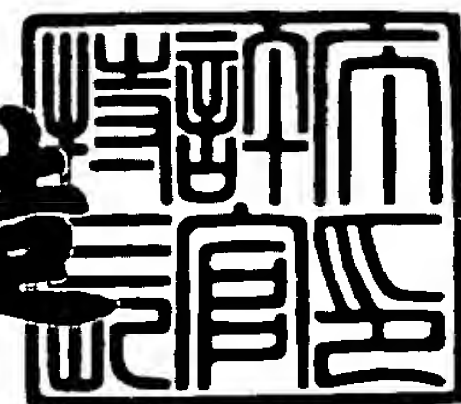
出願番号
Application Number: 特願2000-115187

出願人
Applicant(s): 東京エレクトロン株式会社

2001年 2月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3006465

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP990136

【提出日】 平成12年 4月17日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社総合研究所内

【氏名】 星野 智久

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社総合研究所内

【氏名】 ブザン バンソン

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社総合研究所内

【氏名】 鄭 基市

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 0 - 1 1 5 1 8 7

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体デバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に直接にまたは絶縁体膜を介してバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上に C V D 法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程とを含む半導体デバイス製造方法において、

該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下第 1 の還元性ガスに暴露する第 1 の還元処理工程と、

該金属導体膜形成工程の後に、加熱条件下第 2 の還元性ガスに暴露する第 2 の還元処理工程と、

を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 の還元性ガスは、水素化ケイ素、アンモニアまたは水素のうちの少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 の還元性処理工程は、250～500℃の温度で行うことを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 4】 前記第 2 の還元性ガスは、水素または窒素のうちの少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 5】 前記第 2 の還元性処理工程は、250～500℃の温度で行うことを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 6】 前記金属導体膜は、銅により形成されることを特徴とする請求項 1～4 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 7】 前記バリア金属膜はタンタルまたは窒化タンタルにより形成されることを特徴とする請求項 5 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 8】 基板上に直接にまたは絶縁体膜を介して窒化タングステンまたは窒化タンタルからなるバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上に C V D 法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程を含む半導体デバイス製造方法であって、

該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項 9】 前記還元性ガスは水素であることを特徴とする請求項 8 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 10】 前記プラズマ処理工程は、50～400℃の温度で行うことを特徴とする請求項 9 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 11】 前記金属導体膜形成工程の後に、さらに、加熱条件下還元性ガスに暴露する熱処理工程を有することを特徴とする請求項 9 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 12】 前記熱処理工程は、250～500℃の温度で行うことを特徴とする請求項 11 記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 13】 前記金属導体膜は、銅より形成されることを特徴とする請求項 9～12 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 14】 複数の絶縁体膜を重疊的に基板上に設ける際に、それぞれの絶縁膜毎に、該絶縁膜上に窒化タングステンまたは窒化タンタルからなるバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上に C V D 法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程を含む半導体デバイス製造方法であって、

各々の該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体デバイス製造方法に関し、一層詳細にはバリア金属膜上に C V D 法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程を含む半導体デバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ウェハプロセス等の半導体デバイス製造プロセスにおいて、Si ウェハやガラスプレート等を材料とする基板上に金属導体膜（パターン）を形成することが行われる。このとき、金属導体膜の金属イオンあるいは原子が絶縁体膜（絶縁膜）中に拡散して絶縁特性を劣化することを防止するため、金属導体膜と絶縁体膜との間にバリア金属膜を形成することが行われている。このバリア金属膜として、例えば、原料として六弗化タングステン（ WF_6 ）とアンモニア（ NH_3 ）を用いた金属CVD (Chemical Vapor Deposition) 法や金属PVD (Physical Vapor Deposition) 法によって窒化タングステン（WN）薄膜を形成することが行われている。また、金属導体膜についても、バリア金属膜の場合と同様に金属CVD 法や金属PVD 法により、あるいは、電気メッキ法によって配線（パターン）としての金属導体膜を形成することが行われている。

【0003】

ところで、近年、大規模集積回路（以下、LSI という。）の高密度化および端子数の増加に伴って、LSI 間を接続する基板上の上記金属導体膜からなる配線の細密化と配線数の増加が求められている。この場合、銅（Cu）等の金属導体膜をCVD 法によって形成する方法については、細密に配線を形成することができて好適であるが、例えば、後述するCMP 法による研磨処理等の際に密着性の低下のために、剥離が起こるなどの問題がある。また、この金属導体膜とバリア金属膜との密着性の低下は、半導体デバイス使用の際に断線や短絡を生じる原因ともなる。なお、これに対して、金属導体膜をPVD 法によって形成する方法については、密着性の問題は顕在化しないものの、配線を細密に形成する点において必ずしも十分な方法ではない。

【0004】

上記のように金属導体膜の形成方法の違いによって金属導体膜とバリア金属膜との間の密着性に差が生じる原因として、PVD 法については形成される金属導体膜中の不純物の含有量が微量であるのに対して、CVD 法については、有機原料中の炭素（C）や弗素（F）等が形成される金属導体膜中に不純物として残存することが挙げられる。

【 0 0 0 5 】

一方、絶縁層を多層に設けた多層薄膜配線基板等において絶縁層間の配線を電氣的に接続するためにビア（接続用導電体部）が形成され、あるいは、半導体の拡散層に電氣的に接続するためにコンタクトが形成される。これらビアやコンタクトに用いる金属導体膜としては、通常、アルミニウム（A l）あるいは銅（C u）が好適に用いられる。しかしながら L S I の高密度化のためには、ビアを形成するためのビア孔やコンタクトを形成するためのコンタクト孔は孔径を微細化するとともに孔の深さを深くすることが必要であり、したがって、アスペクト比（深さ／孔径）が大きくなる傾向にある。このような場合にビア孔等の底部分と側壁部分に均一な膜厚で金属導体膜およびバリア金属膜を形成する方法としては、前記した C V D 法が好適に採用されており、その C V D 材料として前記した C u および W N あるいは窒化タンタル（T a N）が好適に用いられている。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、この場合も前記した配線（パターン）形成のときと同様に、ビアを被覆するためのバリア金属膜と金属導体膜との密着性が低下する問題を回避することができない。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、バリア金属膜と C V D 法によって形成される金属導体膜との間の密着性に優れた半導体デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体デバイス製造方法は、基板上に直接にまたは絶縁体膜を介してバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上に C V D 法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程とを含む半導体デバイス製造方法において、該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下第 1 の還元性ガスに暴露する第 1 の還元処理工程と、該金属導体膜形成工程の後に、加熱条件下第 2 の還元性ガスに暴露する第 2 の還元処理工程と、

を有することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

ここで、基板は、S i ウェハやガラスプレート等を用いることができ、特に限定しない。また、バリア金属膜は、加熱あるいは電氣的なストレス過程において金属導体膜が絶縁体膜あるいは基板と反応して絶縁体膜あるいは基板の機能を劣化させることを防止するための金属薄膜である。また、金属導体膜は、配線パターンであってもよく、あるいは、コンタクト孔やビア孔に堆積されるビアやコンタクト等の導体層であってもよい。これらは、以下の各発明においても同様である。

【 0 0 1 0 】

上記の発明の構成により、バリア金属膜とC V D法により形成される金属導体膜との密着性を向上することができる。

【 0 0 1 1 】

この場合、前記第1の還元性ガスは、水素化ケイ素、アンモニアまたは水素のうちの少なくともいずれか1つであり、また、前記第2の還元性ガスは、水素または窒素のうちの少なくともいずれか1つであり、また、前記第1の還元処理工程および前記第2の還元性処理工程は、それぞれ2 5 0 ~ 5 0 0 ℃の温度で行うと、より好適に本発明の効果を奏することができる。

【 0 0 1 2 】

ここで、それぞれの温度は、処理を行うチャンバ内の雰囲気温度をいうが、この雰囲気温度は形成されたバリア金属膜や金属導体膜の温度と実質的に同一である。

【 0 0 1 3 】

水素化ケイ素 ($\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$) は、モノシラン (SiH_4) であると、一層好適である。また、第1の還元処理工程における温度が3 0 0 ~ 4 5 0 ℃の範囲内にあり、第2の還元処理工程における温度が3 0 0 ~ 4 0 0 ℃の範囲内にあると、一層好適である。

【 0 0 1 4 】

また、この場合、金属導体膜は銅 (C u) により形成され、また、バリア金属

膜はタンタル（Ta）または窒化タンタル（Ta₂N₅）により形成されると、本発明の効果を好適に奏することができる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明に係る半導体デバイス製造方法は、基板上に直接にまたは絶縁体膜を介して窒化タングステン（WN）または窒化タンタル（Ta₂N₅）からなるバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上にCVD法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程を含む半導体デバイス製造方法であって、該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程を有することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

これにより、バリア金属膜として窒化タングステン膜または窒化タンタル膜を用いることにより良好なバリア性を維持しつつ、バリア金属膜とCVD法により形成される金属導体膜との密着性を向上することができる。

【 0 0 1 7 】

この場合、前記還元性ガスは水素であり、また、前記プラズマ暴露処理工程は、50～400℃の温度で行うと好適である。温度については、さらに100～250℃の範囲であると、より好適に本発明の効果を奏することができる。

【 0 0 1 8 】

また、この場合、前記金属導体膜形成工程の後に、さらに、加熱条件下還元性ガスに暴露する熱処理工程を有すると、一層好適に本発明の効果を奏することができる。

【 0 0 1 9 】

前記熱処理工程は、250～500℃の温度で行うと、好適であり、300～400℃の温度で行うと、より好適である。

【 0 0 2 0 】

また、この場合、前記金属導体膜は、銅により形成されると、本発明の効果を好適に奏することができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明に係る半導体デバイス製造方法は、複数の絶縁体膜を基板上に設

ける際に、それぞれの絶縁膜毎に、該絶縁膜上に窒化タングステンまたは窒化タンタルからなるバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成工程と、該バリア金属膜上にCVD法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成工程を含む半導体デバイス製造方法であって、各々の該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、すなわち、それぞれの絶縁膜毎の該バリア金属膜形成工程と該金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程を有すると、好適である。

【 0 0 2 2 】

上記した本発明に係る各半導体デバイス製造方法を実施するために、本発明において用いる半導体デバイス製造装置は、基板上に直接にまたは絶縁体膜を介してバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成手段と、該バリア金属膜上にCVD法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成手段とを含む半導体デバイス製造装置において、加熱条件下第1の還元性ガスに暴露する第1の還元処理手段と、加熱条件下第2の還元性ガスに暴露する第2の還元処理手段と、をさらに有し、また、基板上に直接にまたは絶縁体膜を介して窒化タングステンまたは窒化タンタルからなるバリア金属膜を形成するバリア金属膜形成手段と、該バリア金属膜上にCVD法によって金属導体膜を形成する金属導体膜形成手段を含む半導体デバイス製造装置であって、加熱条件下還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理手段をさらに有すると、好適である。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

本発明に係る半導体デバイス製造方法の好適な実施の形態について、ビア孔に金属導体膜を堆積してビアを形成する場合を例に取り、図を参照して、以下に説明する。

【 0 0 2 4 】

本実施の形態の第1の例に係る半導体デバイス製造方法について、図1の処理フロー図および図2～図9の半導体デバイスの部分断面図を参照して以下説明する。

【 0 0 2 5 】

まず、例えば、S i ウェハからなる基板 1 0 上に複数の絶縁層（絶縁体膜） 1 2 a ~ 1 2 c を積層した後（各図では便宜的に複数の層を一括して単一の模様で表示している。以下、単に絶縁層 1 2 という。）、絶縁層 1 2 に段差状にビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b をエッチングにより形成する（S 1、図 2）。この場合、基板 1 0 の直上に形成される第 1 層の絶縁層 1 2 a には配線パターンとしての金属導体層 1 6 が形成されている。この金属導体層 1 6 は、例えば、C u を用いて C V D 法により形成される。なお、金属導体層 1 6 と、基板 1 0 および絶縁層 1 2 a との間には、例えば、T a N を用いて P V D 法により形成したバリア金属層 1 8 が設けられている。なお、図 3 以降において基板 1 0 は図示を省く。

【 0 0 2 6 】

ついで、ウェットクリーニング等により、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b 中に存在するエッチングの際に発生したポリマー等の不純物（図 2 中、参照符号 2 0 で示す）を除去（クリーニング）する（S 2、図 3）。

【 0 0 2 7 】

ついで、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b の側壁およびビア孔 1 4 の底（金属導体層 1 6 の上端面）にバリア金属膜 2 2 を形成する（バリア金属膜形成工程：S 3、図 4）。このバリア金属膜 2 2 は、原料としてタンタル（T a）または W を用い、1 ~ 3 0 P a（絶対圧）程度の減圧下、室温 ~ 2 0 0 °C 程度の温度で真空蒸着等の P V D 法によって成膜される。この場合、原料の T a や W は、アンモニア（N H₃）あるいは窒素（N₂）のガスにより窒化され、成膜後のバリア金属膜 2 2 では T a N または W N に変化している。

【 0 0 2 8 】

ついで、還元性ガス雰囲気下で加熱処理する（第 1 の還元処理工程：S 4、図 5）。すなわち、還元性ガス（第 1 の還元性ガス）として、水素化ケイ素（S i_n H_{2n+2}）、好適にはモノシラン（S i H₄）、あるいは、アンモニア（N H₃）、水素（H₂）、窒素（N₂）等を用い、これらいずれかの、還元性ガス雰囲気中において、例えば、4 0 P a 程度の真空下で、2 5 0 ~ 5 0 0 °C の範囲内の、例えば、4 5 0 °C の温度で、例えば、3 分程度処理する。このとき、例えば、N H₃ の場合で最大約 2 0 0 c m³（標準状態）／分（m i n）程度、S i

H_4 の場合で最大約 5 cm^3 (標準状態) / 分、 H_2 の場合で最大約 500 cm^3 (標準状態) / 分程度、それぞれの還元性ガスの 1 種類単独でまたは 2 種類以上を混合して流通させる。

【 0 0 2 9 】

ついで、バリア金属膜 2 2 上に C V D 法によって金属導体膜 2 4 を形成する (金属導体膜形成工程 : S 5、図 6)。ここで、原料として、例えば、有機溶液中に Cu の一価イオンを含有させた有機金属が用いられる。有機溶液は、ヘキサフルオロアセチルアセトネートに、 Cu 原子と結合するための配位子として、例えば、トリメチルビニルシラン、アリルトリメチルシラン、2-メチル-1-ヘキセン-3-エン、3-ヘキシン-2, 5-ジメトキシ、ヘキサフルオロプロピン若しくはトリエトキシビニルシラン等のうちのいずれかを含むものを用いる。そして、 $10 \sim 10^4\text{ Pa}$ 程度、好適には $27 \sim 133\text{ Pa}$ 程度の真空下で、 $140 \sim 240^\circ\text{C}$ 程度、好適には $150 \sim 210^\circ\text{C}$ 程度の温度で、加熱により発生する原料ガスにキャリアガスとして H_2 、 He 、 N_2 、 Ar 等を同伴させて成膜する。このときのキャリアガスの流通量は、最大で 500 cm^3 (標準状態) / 分程度である。

【 0 0 3 0 】

ついで、電気メッキ法により金属導体膜 2 4 上に Cu を堆積し、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b を完全に閉塞するとともに、さらに絶縁層 1 2 の上面を覆うようにして金属導体部 2 6 を形成する (S 6、図 7)。

【 0 0 3 1 】

ついで、還元性ガス雰囲気下で加熱処理する (第 2 の還元処理工程 : S 7、図 8)。すなわち、還元性ガス (第 2 の還元性ガス) として、 NH_3 、 He 、 H_2 、 N_2 、 Ar の何れかを用い、少なくとも 10 Pa 以上、例えば、 670 Pa 程度の真空下で、 $250 \sim 500^\circ\text{C}$ の範囲内の、例えば、 350°C の温度で、少なくとも 0.5 分以上程度、例えば、5 分間、処理する。なお、処理時間は処理温度に依存する。このときの還元性ガスの流量は、例えば、 H_2 の場合で 400 cm^3 (標準状態) / 分程度である。

【 0 0 3 2 】

ここで、上記の手順に代えて、ステップ 6 (S 6) とステップ 7 (S 7) とは順序を入れ替えて行ってもよい。

【 0 0 3 3 】

最後に、CMP (Chemical Mechanical Polish) 法により金属導体部 2 6 を研磨して平坦化处理する (S 8、図 9)。すなわち、シリカ粒子等を含む研磨液を注ぎながら定盤に貼付した研磨パッドによって金属導体部 2 6 を精密に研磨して、絶縁層 1 2 を露出させ、絶縁層 1 2 の上端面と金属導体部 2 6 の上端面が同一平面を構成するように平滑化して、ビア 2 8 および配線層 2 9 が形成される。

【 0 0 3 4 】

上記した各工程に加えてさらに適宜他の工程を経ることにより、バリア金属膜形成工程と金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下第 1 の還元性ガスに暴露する第 1 の還元処理工程と、金属導体膜形成工程の後に、加熱条件下第 2 の還元性ガスに暴露する第 2 の還元処理工程と、を経て本実施の形態の第 1 の例に係る製造方法による半導体デバイスが完成する。

【 0 0 3 5 】

つぎに、本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイス製造方法について、図 1 0 の処理フロー図および図 1 1 ～図 1 8 の半導体デバイスの部分断面図を参照して以下説明する。なお、本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイス製造方法において、上記本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイス製造方法と同一の方法およびその方法によって形成される同一の構成要素については説明を省略するとともに、同一の構成要素には第 1 の例と同じ参照符号を付す。

【 0 0 3 6 】

まず、第 1 の例と同様の方法により、絶縁層 1 2 に段差状のビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b を形成する (S 1 1、図 1 1)。

【 0 0 3 7 】

ついで、第 1 の例と同様の方法により、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b をクリーニングする (S 1 2、図 1 2)。

【 0 0 3 8 】

ついで、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b の側壁およびビア孔 1 4 の底 (金属

導体層 1 6 の上端面) にバリア金属膜 3 0 を形成する (バリア金属膜形成工程 : S 1 3、図 1 3)。このバリア金属膜 3 0 は、原料として WF_6 等を用い、 NH_3 等を同伴させて、 $10 \sim 500 Pa$ 程度の減圧下、 $300 \sim 500^\circ C$ 程度の温度で CVD 法によって成膜される。この場合、 NH_3 等の窒素を含むガスにより窒化され、成膜後のバリア金属膜 3 0 は WN に変化している。

【 0 0 3 9 】

ついで、還元性ガスのプラズマにより加熱条件下暴露処理する (プラズマ処理工程 : S 1 4、図 1 4)。すなわち、還元性ガスとして、 H_2 を用い、この H_2 を、例えば、 $100 \sim 450^\circ C$ の温度で、水素流量 $1 \sim 500 cm^3$ (標準状態) / 分程度、 $1 \sim 500 Pa$ 程度の圧力条件下で、 $400 KHz \sim 13.65 MHz$ の高周波を印加してプラズマ化して使用する。

【 0 0 4 0 】

ついで、第 1 の例と同様の方法により、バリア金属膜 3 0 上に CVD 法によって金属導体膜 3 2 を形成する (金属導体膜形成 : S 1 5、図 1 5)。

【 0 0 4 1 】

ついで、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b を完全に閉塞して金属導体部を形成する前に、還元性ガス雰囲気下で加熱処理する (熱処理工程 : S 1 6、図 1 6)。すなわち、還元性ガスとして、 H_2 、または N_2 を用い、少なくとも $10 Pa$ 以上、例えば、 $670 Pa$ 程度の真空下で、 $300 \sim 350^\circ C$ の温度で、例えば、5 分間熱処理する。なお、処理時間は処理温度に依存する。このときの還元性ガスの流量は、例えば、 $400 cm^3$ (標準状態) / 分程度とされる。

【 0 0 4 2 】

ついで、第 1 の例と同様の方法により、金属導体膜 3 2 上に Cu を堆積し、ビア孔 1 4 a および配線溝 1 4 b を完全に閉塞するとともに、さらに絶縁層 1 2 の上面を覆うようにして金属導体部 3 4 を形成する (S 1 7、図 1 7)。

【 0 0 4 3 】

最後に、第 1 の例と同様の方法により、CMP 法により金属導体部 3 4 を研磨して平坦化処理し、ビア 3 6 および配線層 3 7 が形成される (S 1 8、図 1 8)。

【 0 0 4 4 】

上記した各工程に加えてさらに適宜他の工程を経ることにより、バリア金属膜形成工程と金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程と、金属導体膜形成工程の後に、さらに、加熱条件下還元性ガスに暴露する熱処理工程とを経て本実施の形態の第 2 の例に係る製造方法による半導体デバイスが完成する。

【 0 0 4 5 】

以上説明した本実施の形態の第 1 および第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法により得られた半導体デバイスの密着性評価結果を表 1 に示す。

【 0 0 4 6 】

【表 1】

	バリア金属膜 材料	金属導体膜 材料	第1の還元 処理の 還元性ガス	第2の還元 処理の 還元性ガス	プラズマ 処理の原料	熱処理の 還元性ガス	テーパー テスト	強度 テスト (MPa)
実施例1	TaN(PVD)	Cu(CVD)	NH ₃	H ₂	—	—	○	68
実施例2	TaN(PVD)	Cu(CVD)	SiH ₄	H ₂	—	—	○	74
実施例3	TaN(PVD)	Cu(CVD)	H ₂	H ₂	—	—	○	69
実施例4	WN(CVD)	Cu(CVD)	SiH ₄	H ₂	—	—	○	64
実施例5	WN(CVD)	Cu(CVD)	—	—	H ₂	—	○	75
比較例1	TaN(PVD)	Cu(CVD)	—	—	—	—	×	31
比較例2	TaN(PVD)	Cu(CVD)	—	H ₂	—	—	×	44
比較例3	TaN(PVD)	Cu(CVD)	NH ₃	—	—	—	×	—
比較例4	TaN(PVD)	Cu(CVD)	SiH ₄	—	—	—	×	—
比較例5	TaN(PVD)	Cu(CVD)	H ₂	—	—	—	×	—
参考例	TaN(PVD)	Cu(PVD) +Cu(CVD)	—	H ₂	—	—	○	69

ここで、バリア金属膜等を形成するベースとなる基板10はいずれもSiウェハであり、金属導体膜は特に断らない限りすべてCVD法により形成したCu膜である。実施例1～4は前記本実施の形態の第1の例に対応するものであり、表

1 中記載のない条件は前記本実施の形態の第 1 の例の説明で示したとおりである。実施例 5 は前記本実施の形態の第 2 の例に対応するものであり、表 1 中記載のない条件は前記本実施の形態の第 2 の例の説明で示したとおりである。

【 0 0 4 7 】

また、実施例 1 ～ 4 に対する比較例として、第 1 の還元処理と第 2 の還元処理のうちの少なくとも 1 つの工程を省略した例を、比較例 1 ～ 5 に示した。また、バリア金属膜として P V D 法により T a N 膜を形成し、その T a N 膜上に中間膜として P V D 法により C u 膜を形成した後、その P V D 法による C u 膜上に金属導体膜として C V D 法により C u 膜を形成し、かつ、本発明の第 1 の還元処理等を行わないものを、参考例として示した。これらの比較例および参考例の記載のない処理条件は本実施の形態の第 1 または第 2 の例の条件に準じている。

【 0 0 4 8 】

密着性の評価は、テープテストおよび強度テストにより行った。テープテストは、所定のテープを基板上の金属導体膜の表面に付着させ、テープを急速に上方に引き上げたときに金属導体膜が基板から剥離するか否かを目視で評価し、強度テストは、セバスチャン測定器を使用した引張り試験法により行った。評価結果は、テープテストについては、金属導体膜が剥離せず密着性の良好なものについて○、金属導体膜が剥離して密着性の良好でないものについて×で示した。強度テストについては、金属導体膜とバリア金属膜との接着箇所が剥離するときの垂直方向の引張り強度で評価した。

【 0 0 4 9 】

表 1 の結果をまとめると、実施例 1 ～ 5 は、参考例と同様に、いずれも密着性が良好である。これに対して、本発明の還元処理等の処理を省いた比較例 1 ～ 5 は、いずれも密着性が良くない。なお、参考例のものは、実施例と同様に密着性が確保されているものの、中間の C u 層を P V D 法によって形成しているために配線の細密化を図る点において十分でないという不具合がある。

【 0 0 5 0 】

また、バリア金属膜として P V D 法によって形成した T a N 膜を用いた実施例 1 ～ 3 のうち、強度テストの測定値は第 1 の還元処理工程の還元性ガスとして S

SiH_4 を用いた実施例 2 のものが 7 4 M P a で最も大きく、したがって、密着性が最も良好であることがわかった。

【 0 0 5 1 】

また、特に説明しなかったが、本実施の形態の第 2 の例に対応する実施例 5 は、バリア金属膜形成後プラズマ処理に移る前に、一旦、大気中に 2 4 h 以上暴露したものであるが、このような条件下であっても良好な密着性が得られている。これに対して、プラズマ処理に代えて H_2 等の還元性ガス雰囲気下のみで熱処理したものについては密着性が好ましくないことがわかっている。

【 0 0 5 2 】

本発明の作用効果については以下のことが考えられる。

【 0 0 5 3 】

まず、本実施の形態の第 1 の例について、例えば、実施例 2 のバリア金属膜を X P S 測定した結果、T a N 表層近傍に S i が数レイヤー成長していることがわかっている。この S i は第 1 の還元処理工程における SiH_4 処理の結果生じたものと考えられる。この S i が存在することからみて、S i と T a N とが反応して T a S i N を表層に形成し、この T a S i N の存在が金属導体膜とバリア金属膜との密着性向上に寄与したものと考えられる。また、このような還元処理工程によって界面の C、F 等の不純物が減少することがあるが、他の還元性ガスを用いた実施例 1、3 についても、これと同様にあるいは F の減少と界面での接着層の形成作用が想定される。

【 0 0 5 4 】

つぎに、本実施の形態の第 2 の例については、バリア金属膜の表面に存在する炭素、酸素あるいは弗素をプラズマ処理により除去したことが、金属導体膜とバリア金属膜との密着性向上に寄与したものと考えられる。

【 0 0 5 5 】

以上説明した本発明に係る半導体デバイス製造方法に用いる半導体デバイス製造装置について、装置（クラスターツール）の配置例を図 1 9 ～図 2 4 に示す。

【 0 0 5 6 】

図 1 9 では、例えば搬送アーム 4 1 を配置した中央のスペース（搬送室） 4 0

を挟んで三方に前処理室（第 1 処理室）4 2、金属導体膜形成室（第 2 処理室）4 4 および後処理室（第 3 処理室）4 6 が配置されている。なお、参照符号 4 3 は、ロードロック室を示す。ここで、前処理室とは、本実施の第 1 または第 2 の形態例のバリア金属膜形成処理を行うバリア金属膜形成手段を備えるとともに本実施の第 1 の形態例の第 1 の還元処理を行う第 1 の還元処理手段または本実施の第 2 の形態例のプラズマ処理を行うプラズマ処理手段を備えた室であり、後処理室とは、本実施の第 1 の形態例の第 2 の還元処理を行う第 2 の還元処理手段または本実施の第 2 の形態例の熱処理を行う熱処理手段を備えた室であり、ロードロック室 4 3 とは、各処理室を大気中に開放しないでウエハの取り入れ、取り出しを行うための真空室である。これらスペース 4 0、前処理室 4 2、金属導体膜形成室 4 4 および後処理室 4 6 は、図 1 9 のように、全で一括して機密状態下に設けてもよく、また、スペース 4 0 のみ大気下に開放されうる状態におき、前処理室 4 2、金属導体膜形成室 4 4 および後処理室 4 6 はそれぞれ機密室とし、扉を介して半導体デバイスをスペース 4 0 との間で搬入、搬出する構造としてもよい。この場合、さらに多数の室を並列的に設ける必要があるときには、スペース 4 0 を中心にして各室をサークル状に配置してもよい。

【 0 0 5 7 】

図 2 0 では、後処理室 4 6 が独立して他の室 4 2、4 4 およびスペース 4 0 と離間して配置されている点が図 1 9 と異なる。

【 0 0 5 8 】

図 2 1 では、図 1 9 のものから室を 1 つ減らして、前処理と後処理とが 1 つの室 4 8 で行われるように配置されている。

【 0 0 5 9 】

図 2 2 では、図 1 9 のものから室を 1 つ減らして、前処理と金属導体膜形成とが 1 つの室 5 0 で行われるように配置され、また、後処理室 4 6 が独立して室 5 0 およびスペース 4 0 と離間して配置されている。

【 0 0 6 0 】

図 2 3 では、図 2 1 あるいは図 2 2 の変形例として、前処理室 4 2 と後処理と金属導体膜形成とを行う室 5 2 とがスペース 4 0 を挟んで対向して配置されてい

る。

【 0 0 6 1 】

図 2 4 では、前処理、金属導体膜形成および後処理をすべて行うための 1 つのみの室 5 4 がスペース 4 0 に接して配置されている。

【 0 0 6 2 】

上記したそれぞれの装置配置は、以下の点に特徴がある。

【 0 0 6 3 】

まず、各処理室と中央のスペースとを一体的に接続して設けたものは、処理が進行する過程で大気に暴露することなく一貫処理を行うことができる（図 1 4、図 2 1、図 2 3、図 2 4）。

【 0 0 6 4 】

これに対して、各処理室および中央のスペースと独立に離間して室を設けたものは、種々の理由により、一貫処理するよりも後処理を事後的に行うことが好ましい場合に好適である（図 2 0、図 2 2）。例えば、後処理の前に電気メッキ処理を行う場合が該当する。また、各工程のスループットが異なるときにスループットの大きい工程の原材料（中間製品）を予め準備しておいてその工程の処理量の低下を避ける等の生産量調整を行うことができるという観点からも好適である。さらにまた、複数の工程において処理条件が異なることにより、特定の工程において過酷な条件で処理を行うことによりその処理を行う室が早期に損傷しやすいことがあるが、この場合、複数の室が独立して設けられることにより、その損傷した特定の室についてのみ補修、取り替えを行えばよく、好適である。

【 0 0 6 5 】

また、複数の処理を 1 つの室で行うものは、室を設けるための費用面からみて好ましい。一方、この場合、異なる処理を 1 つの室で行うためには、温度等の処理条件を変更するために所定の時間を要しスループットの低下を招き、また、このために精密な温度調整を行なうことは必ずしも容易ではないことに配慮する必要がある。

【 0 0 6 6 】

上記したそれぞれの装置配置の特性を総合的に勘案すると、図 2 0、図 1 9 お

よび図 2 1 に示された装置配置が、この順で、より好ましいと考えられる。

【 0 0 6 7 】

【発明の効果】

本発明に係る半導体デバイス製造方法によれば、バリア金属膜形成工程と金属導体膜形成工程との間に、加熱条件下第 1 の還元性ガスに暴露する第 1 の還元処理工程と、金属導体膜形成工程の後に、加熱条件下第 2 の還元性ガスに暴露する第 2 の還元処理工程と、を有するため、バリア金属膜と C V D 法により形成される金属導体膜との密着性を向上することができる。

【 0 0 6 8 】

また、本発明に係る半導体デバイス製造方法によれば、窒化タングステンまたは窒化タンタルからなるバリア金属膜形成工程と金属導体膜形成工程との間に、還元性ガスのプラズマに暴露するプラズマ処理工程を有するため、バリア性を良好に維持しつつ、バリア金属膜と C V D 法により形成される金属導体膜との密着性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法の手順を示すフロー図である。

【図 2】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、ビア孔および配線溝形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 3】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、ビア孔および配線溝クリーニング工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 4】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、バリア金属膜形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 5】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、第 1 の還元処理工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 6】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、金属導体膜形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 7】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、金属導体部堆積工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 8】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、第 2 の還元処理工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 9】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、研磨工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 0】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法の手順を示すフロー図である。

【図 1 1】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、ビア孔および配線溝形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 2】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、ビア孔および配線溝クリーニング工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 3】

本実施の形態の第 1 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、バリア金属膜形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 4】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、プラズマ処理工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 5】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、金属導体膜形成工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 6】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、熱処理工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 7】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、金属導体部堆積工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 8】

本実施の形態の第 2 の例に係る半導体デバイスの製造方法を説明するためのものであり、研磨工程における半導体デバイスの部分断面図である。

【図 1 9】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置の配置の一例を示す図である。

【図 2 0】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置の配置の他の一例を示す図である。

【図 2 1】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置の配置の他の一例を示す図である。

【図 2 2】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置の配置の他の一例を示す図である。

【図 2 3】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置

の配置の他の一例を示す図である。

【図 2 4】

本実施の形態例に係る半導体デバイスの製造方法に適用される半導体製造装置の配置の他の一例を示す図である。

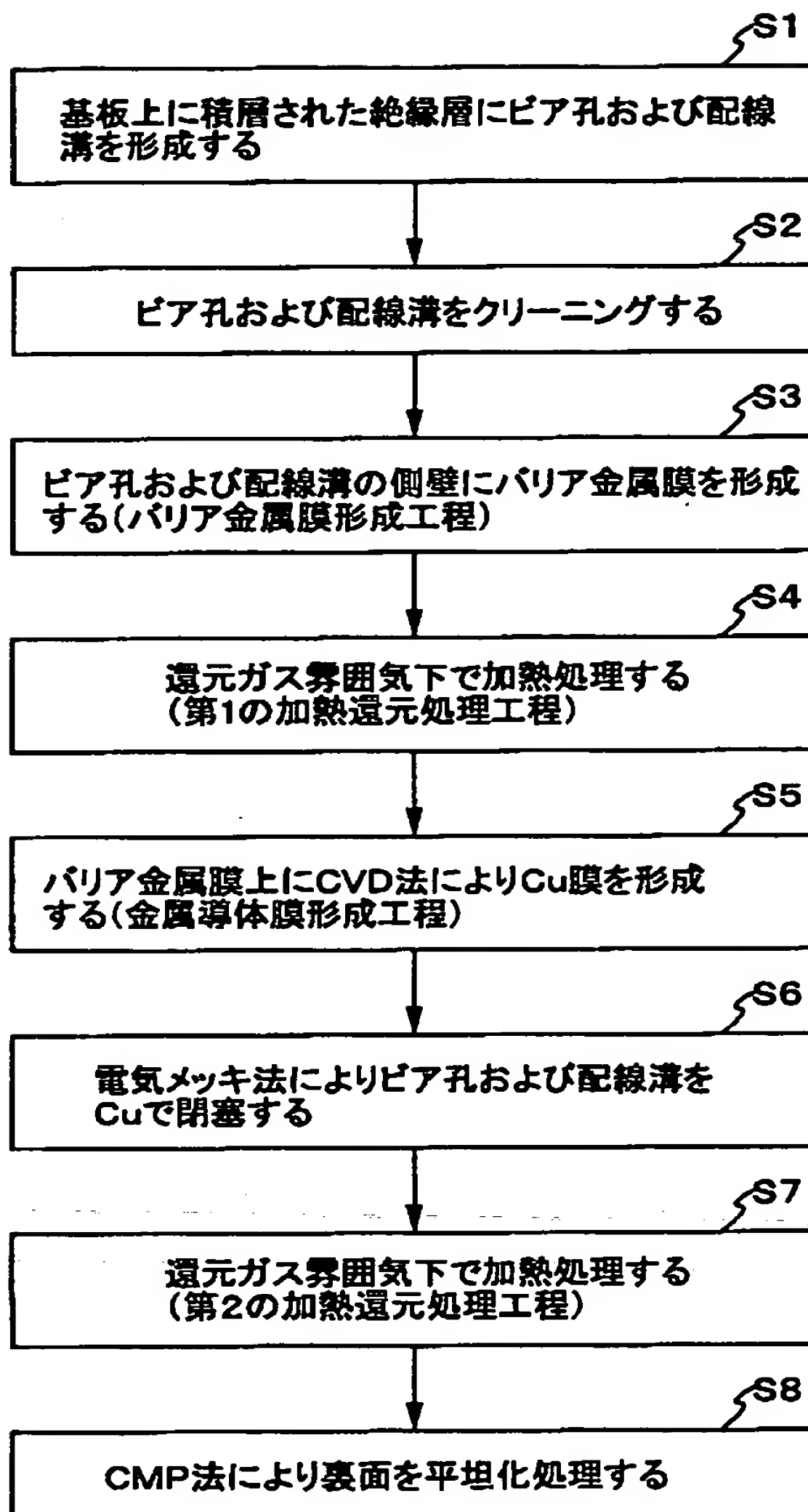
【符号の説明】

- 1 0 基板
- 1 2、1 2 a ~ 1 2 c 絶縁層
- 1 4 a ピア孔
- 1 4 b 配線溝
- 2 2、3 0 バリア金属膜
- 2 4、3 2 金属導体膜
- 2 6、3 4 金属導体部
- 2 8、3 6 ピア
- 2 9、3 7 配線層
- 4 0 スペース
- 4 1 搬送アーム
- 4 2 前処理室
- 4 3 ロードロック室
- 4 4 金属導体膜形成室
- 4 6 後処理室
- 4 8、5 0、5 2、5 4 室

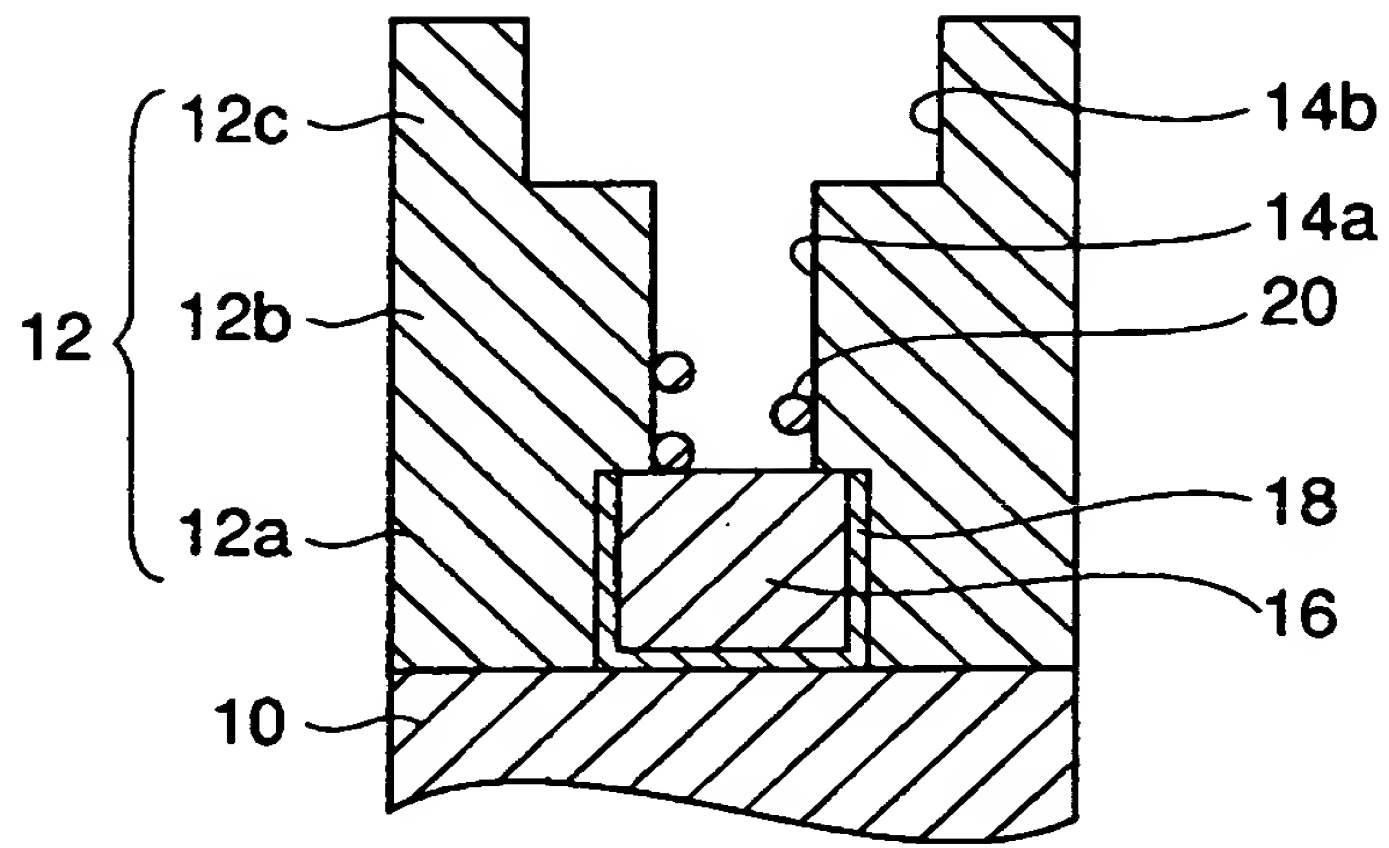
【書類名】

図面

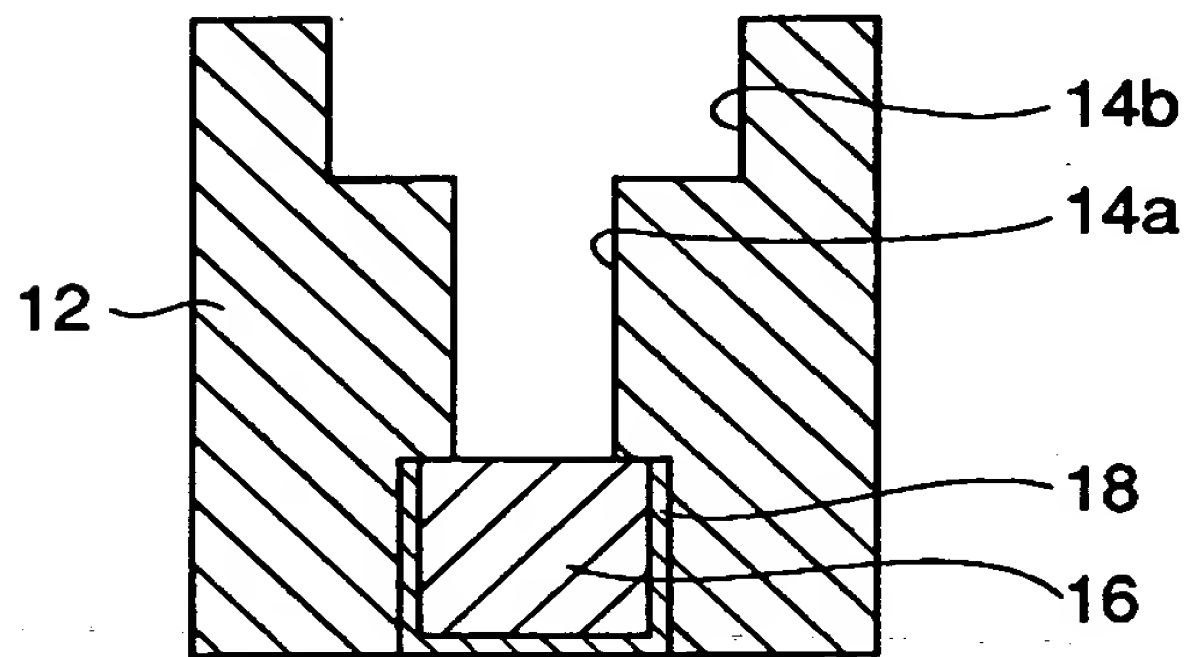
【図 1】



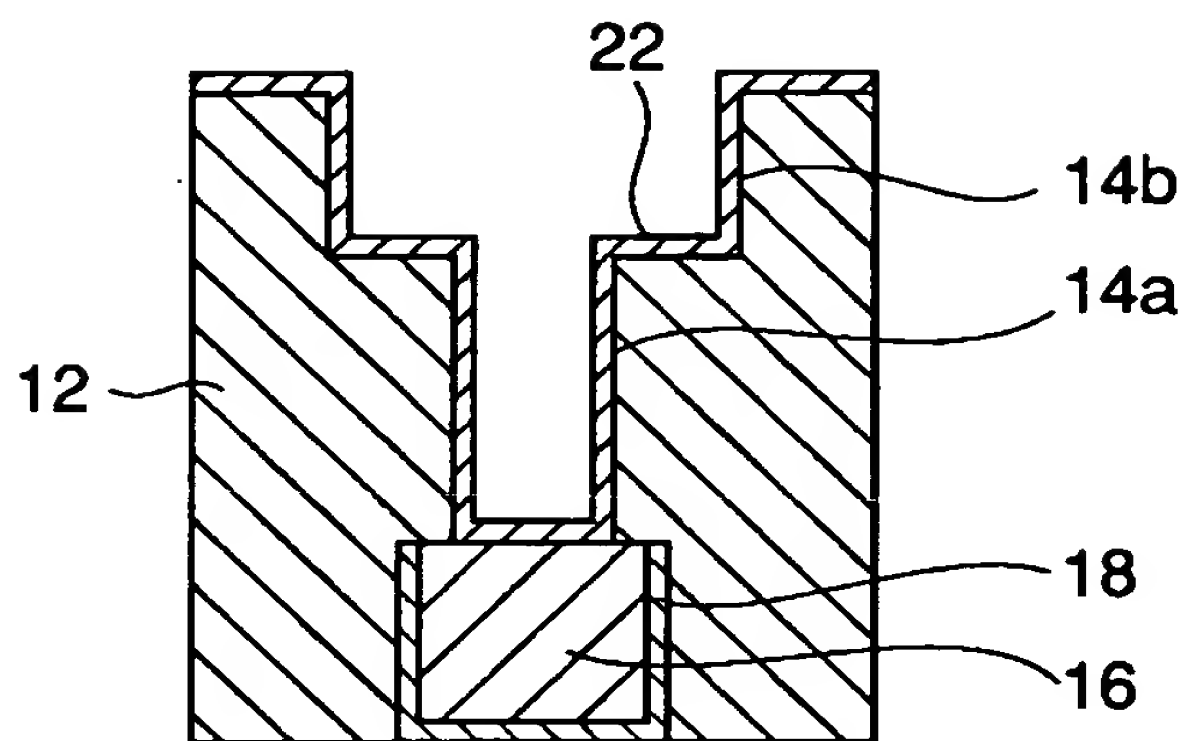
【図 2】



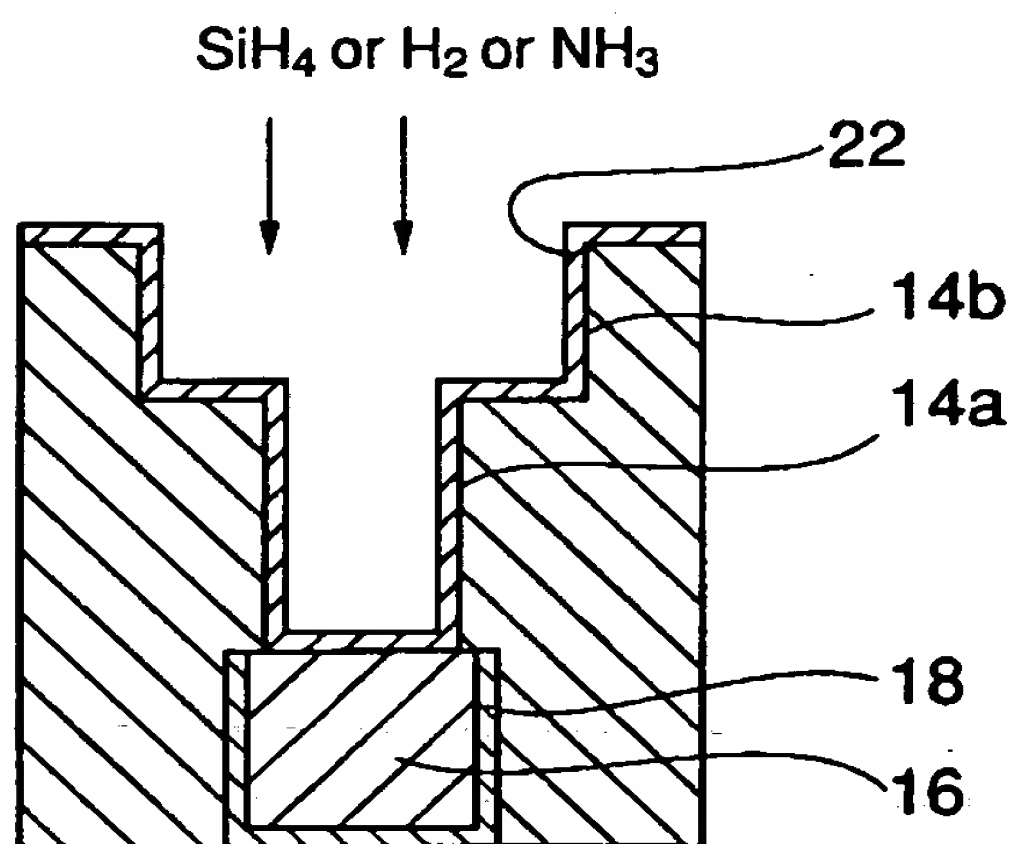
【図 3】



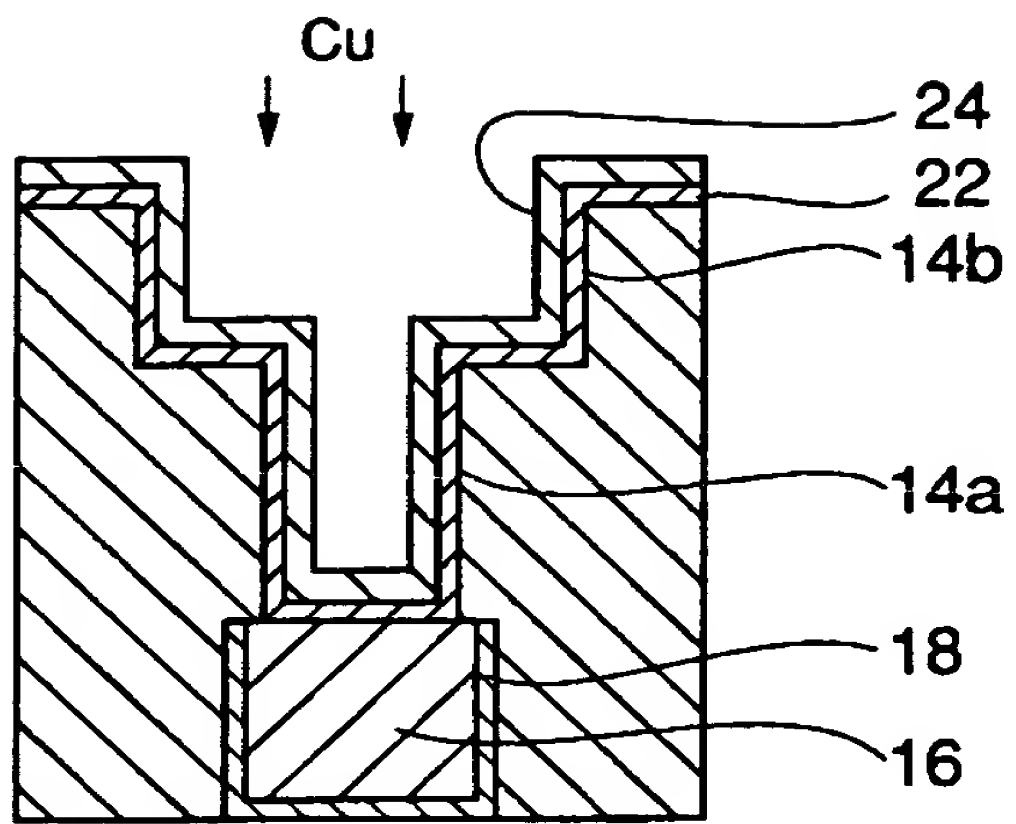
【 図 4 】



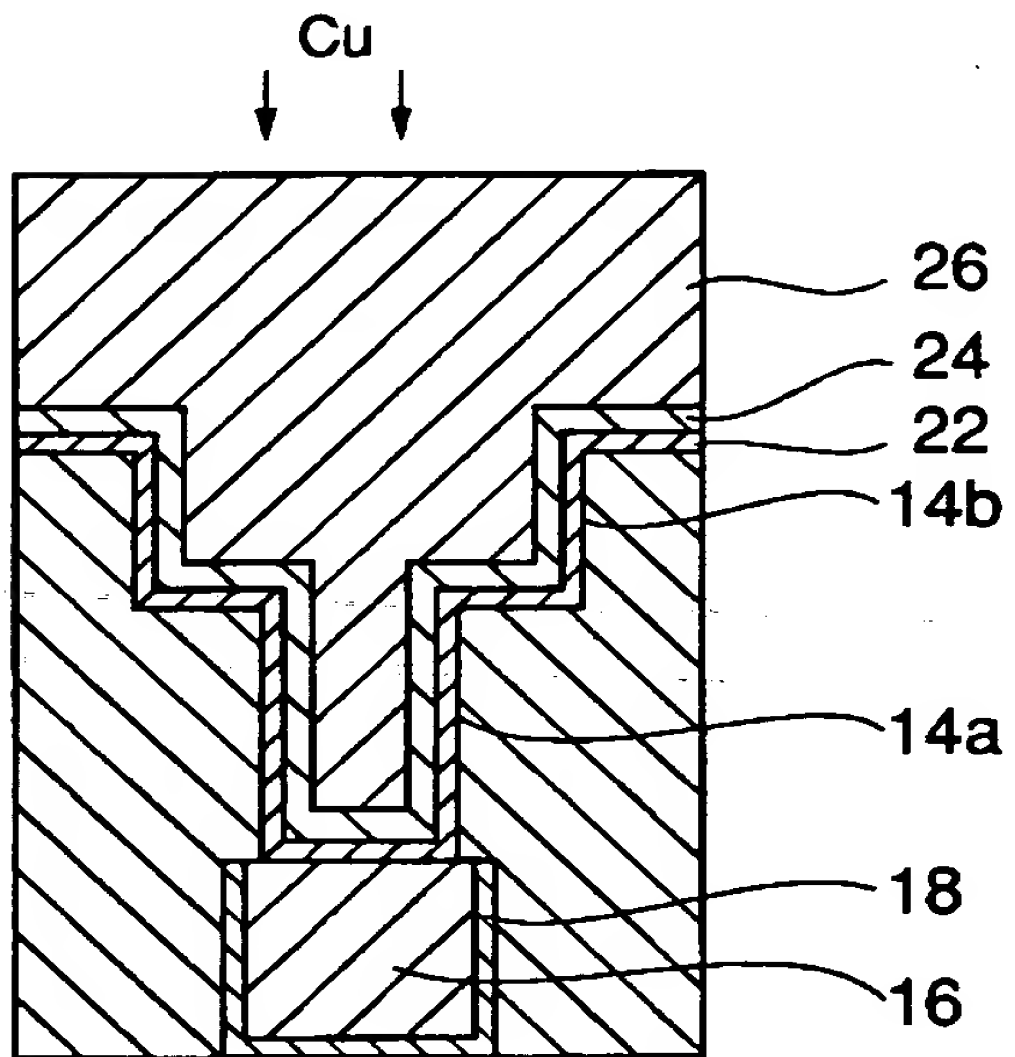
【 図 5 】



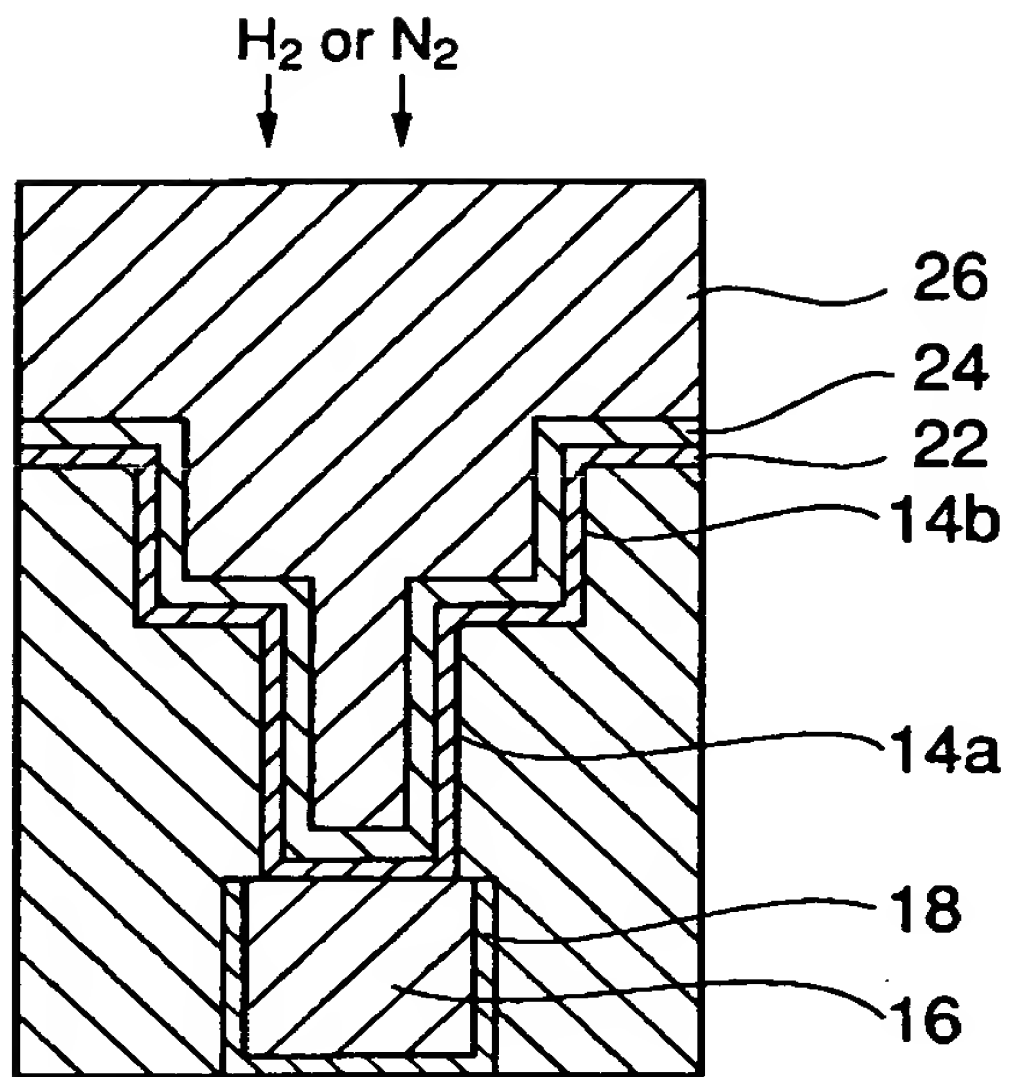
【図 6】



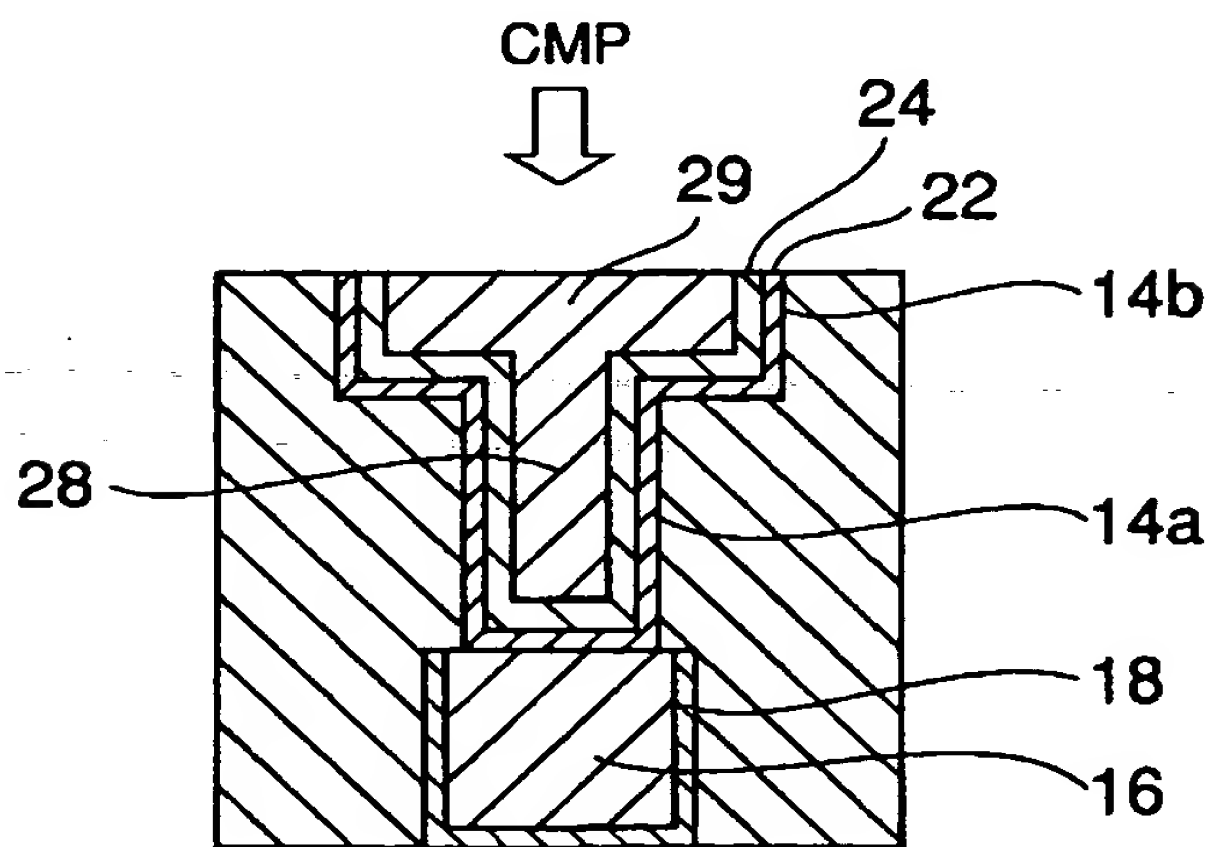
【図 7】



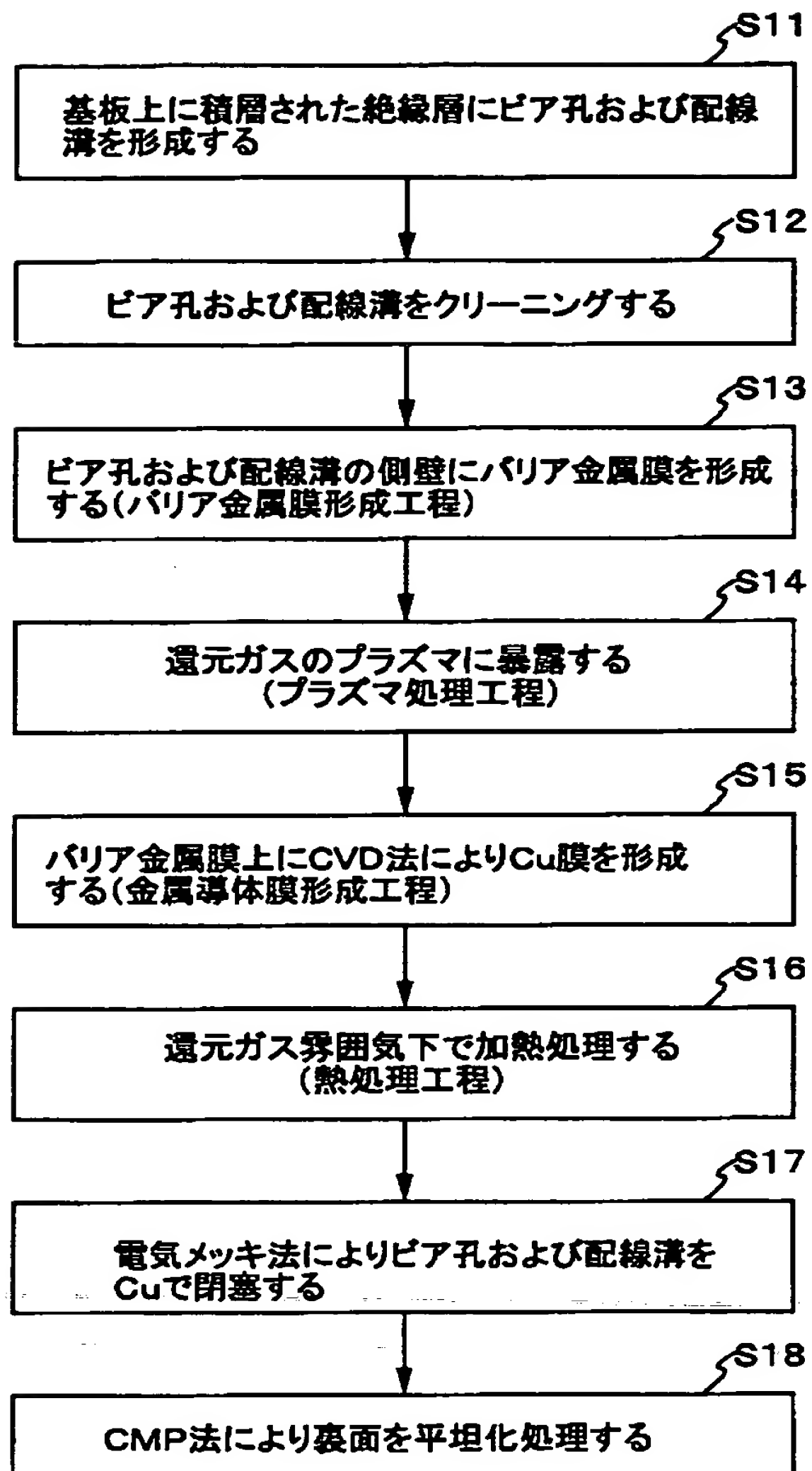
【図 8】



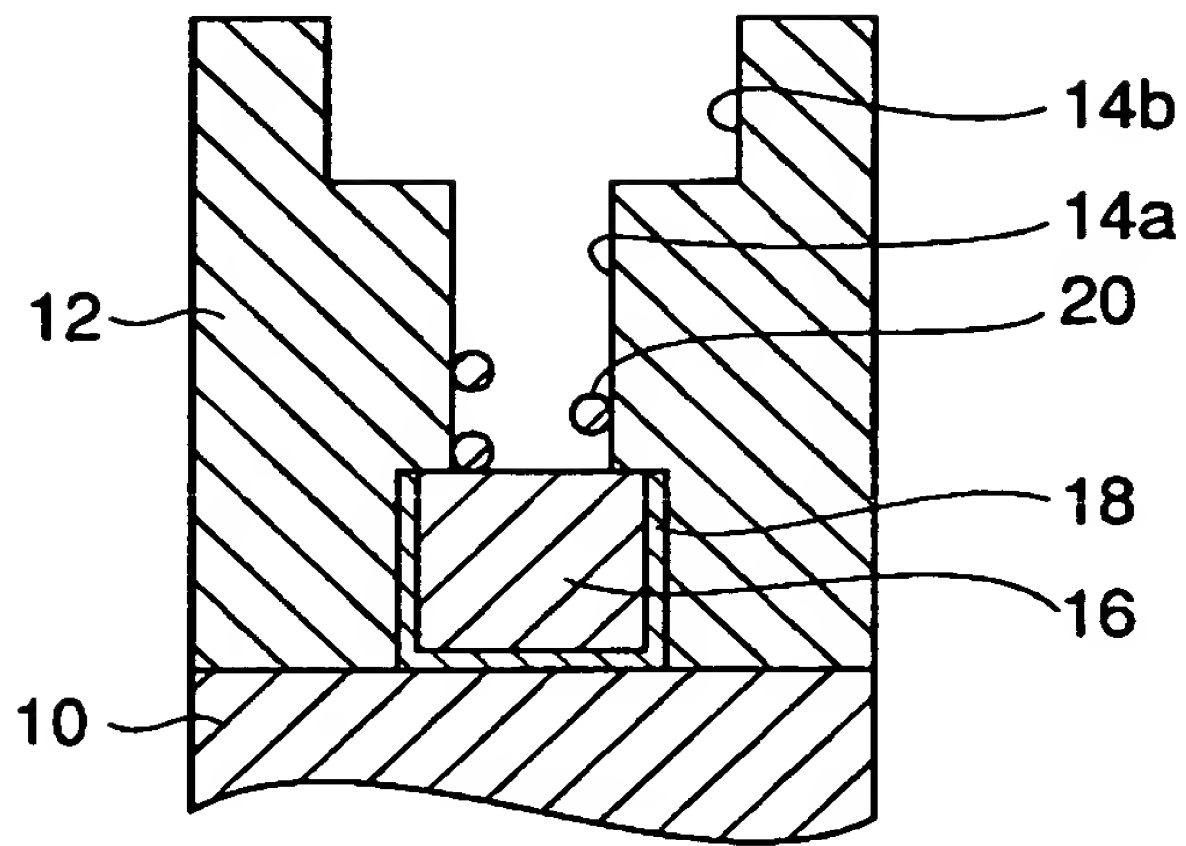
【図 9】



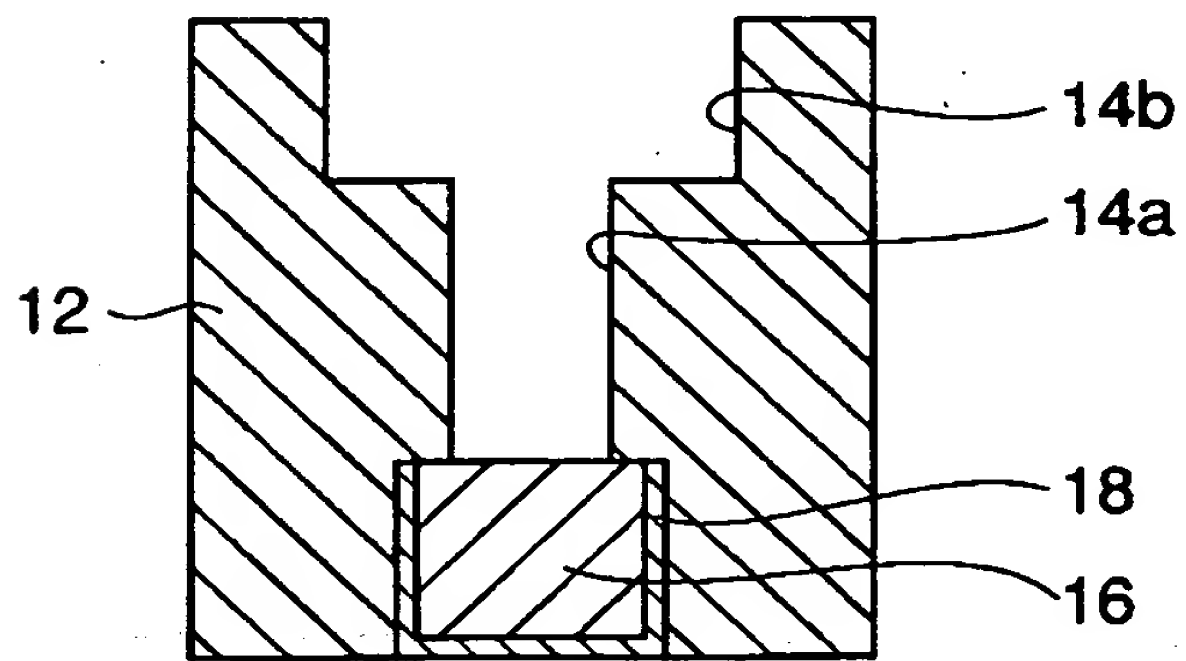
【図 10】



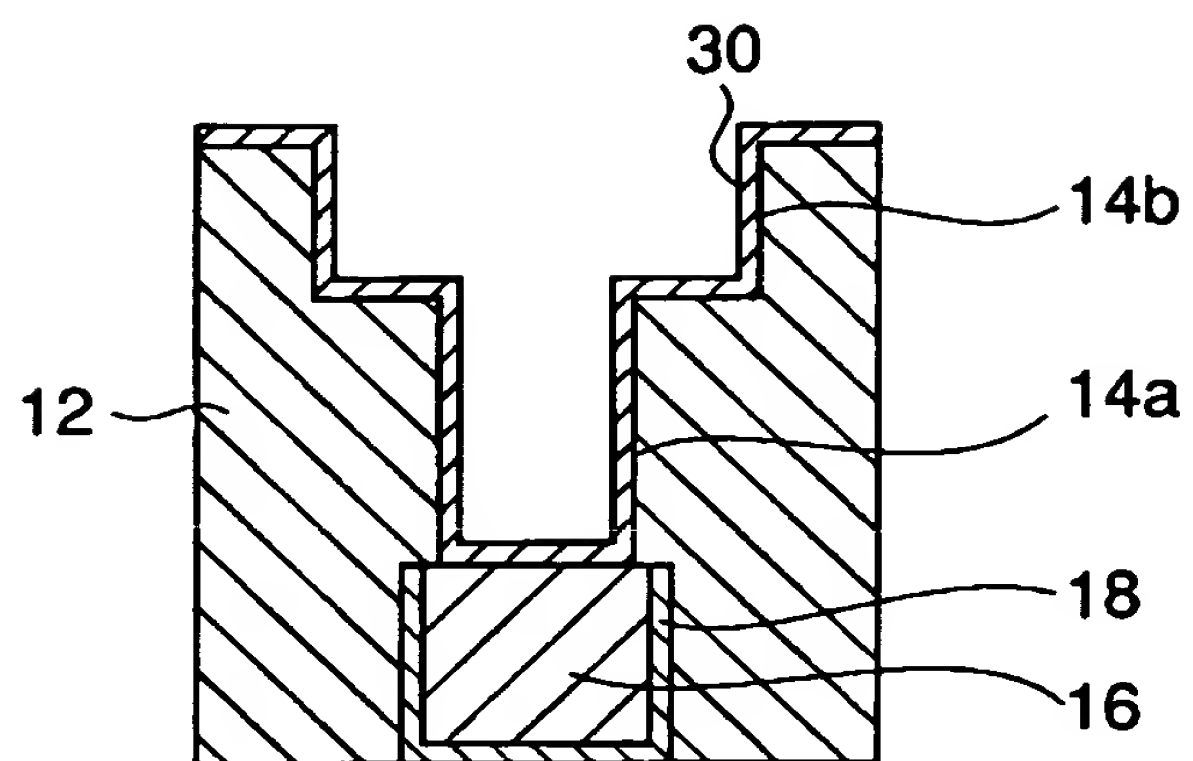
【図 1 1】



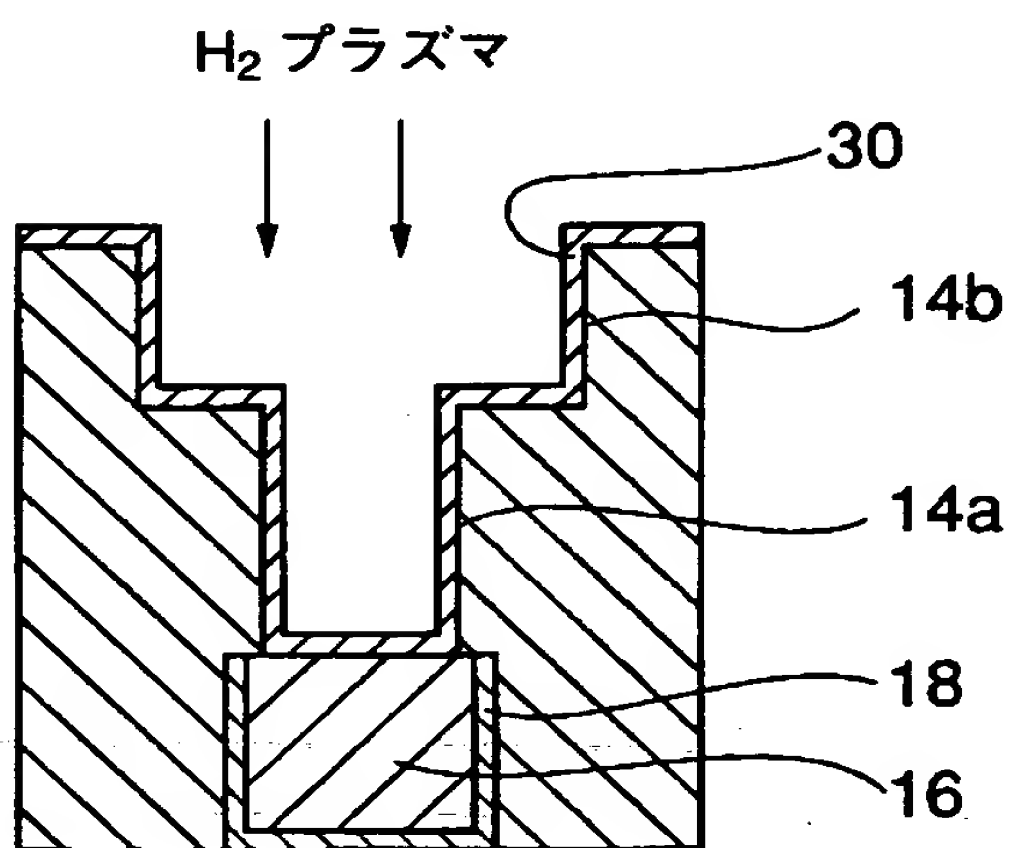
【図 1 2】



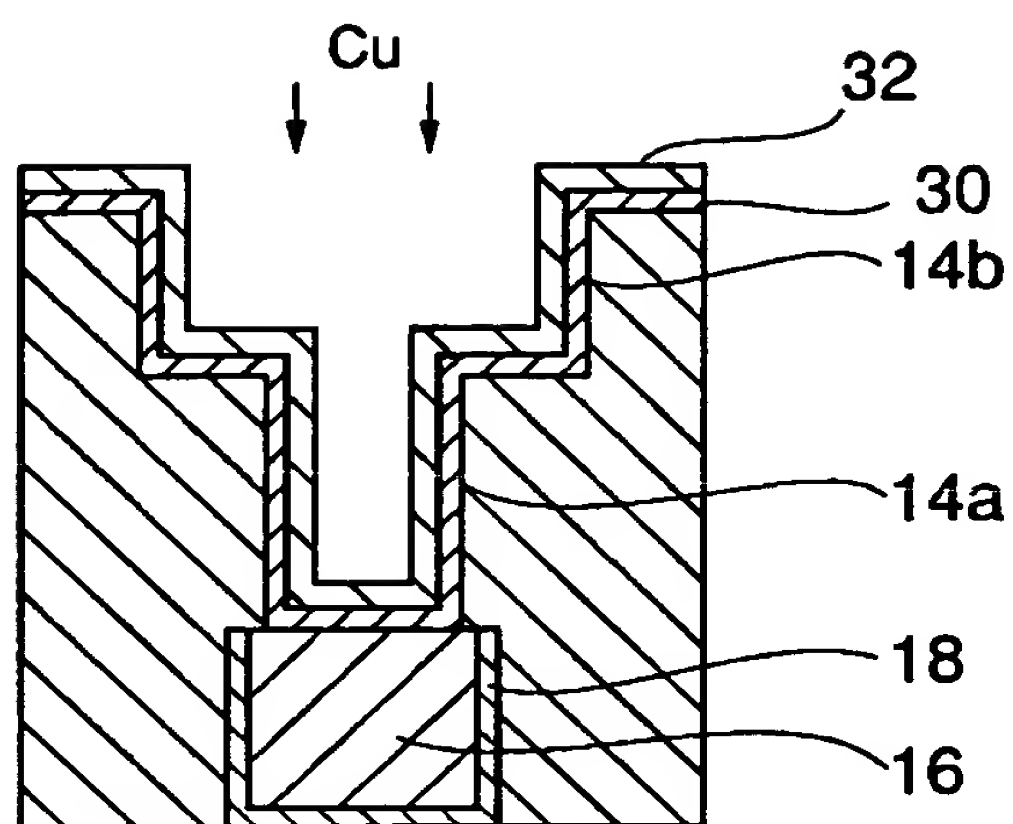
【図 1 3】



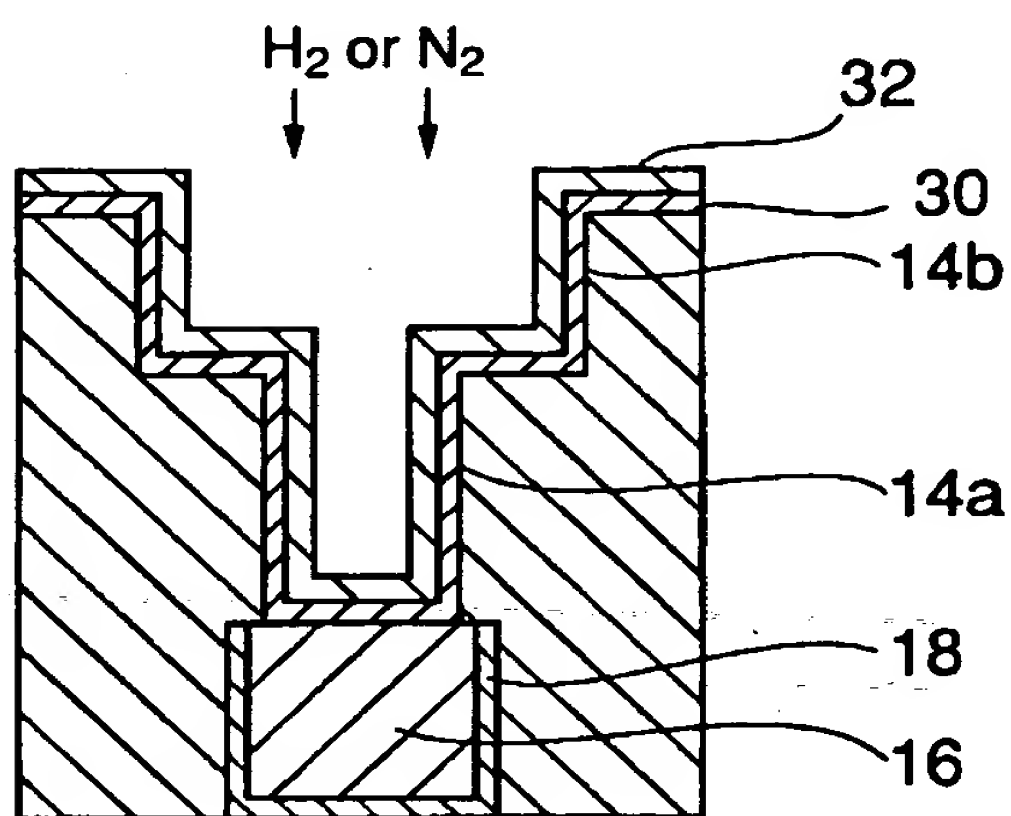
【図 1 4】



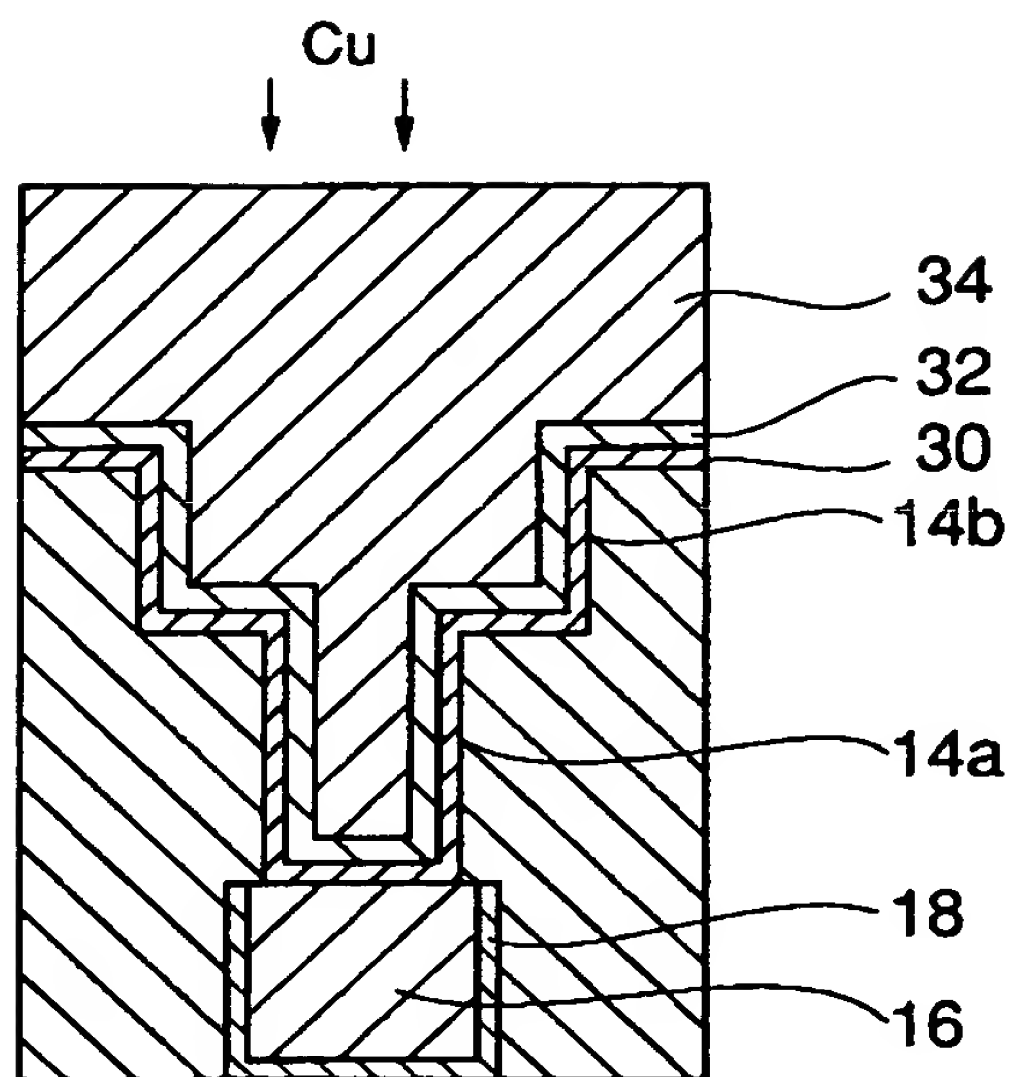
【図 1 5】



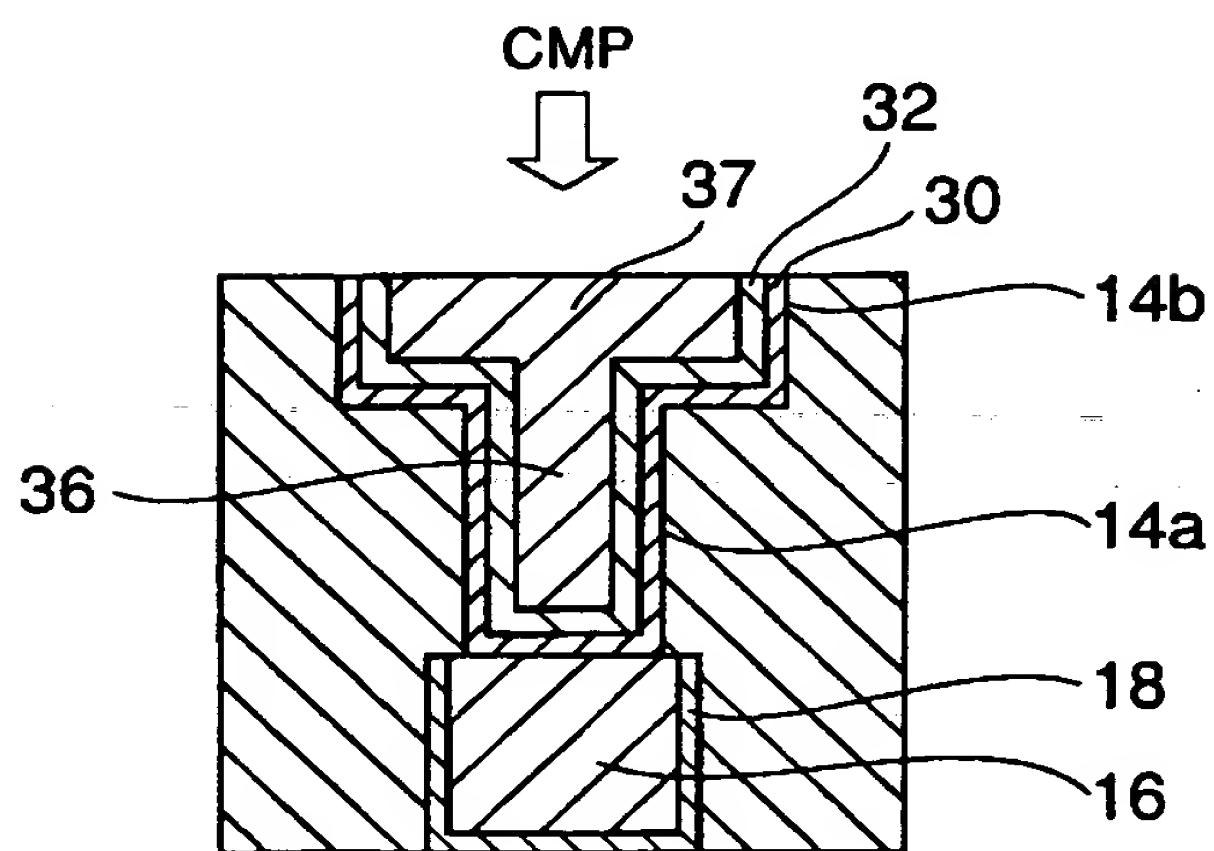
【図 1 6】



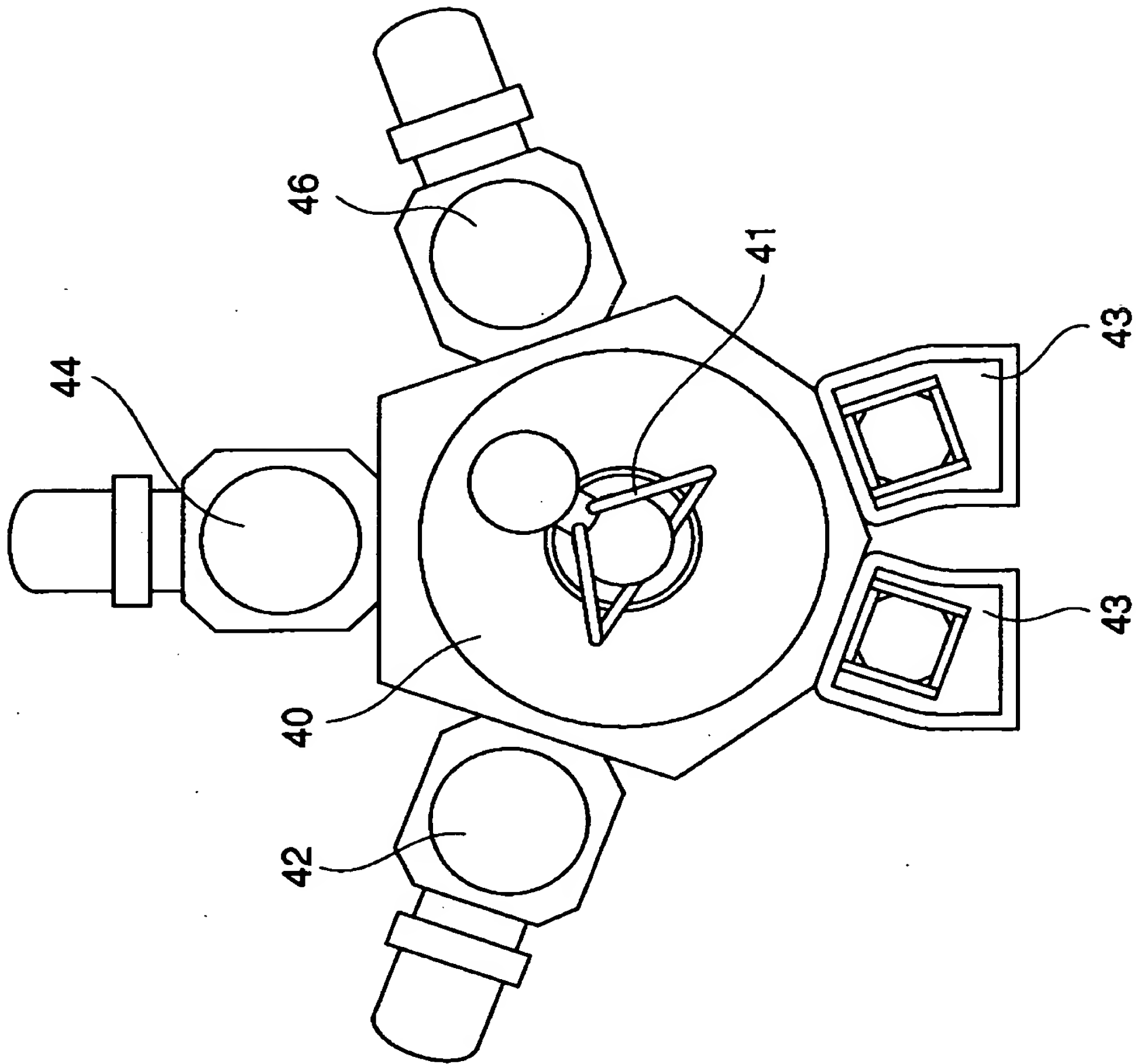
【図 1 7】



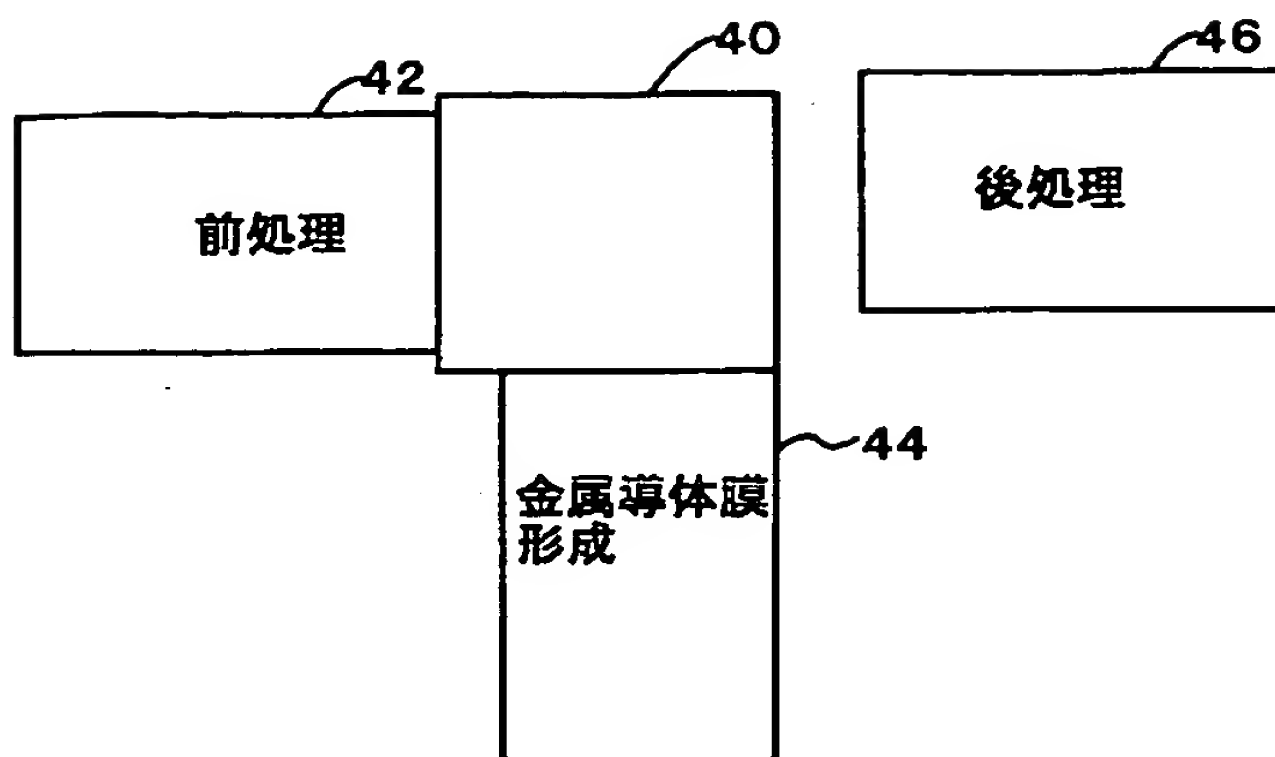
【図 1 8】



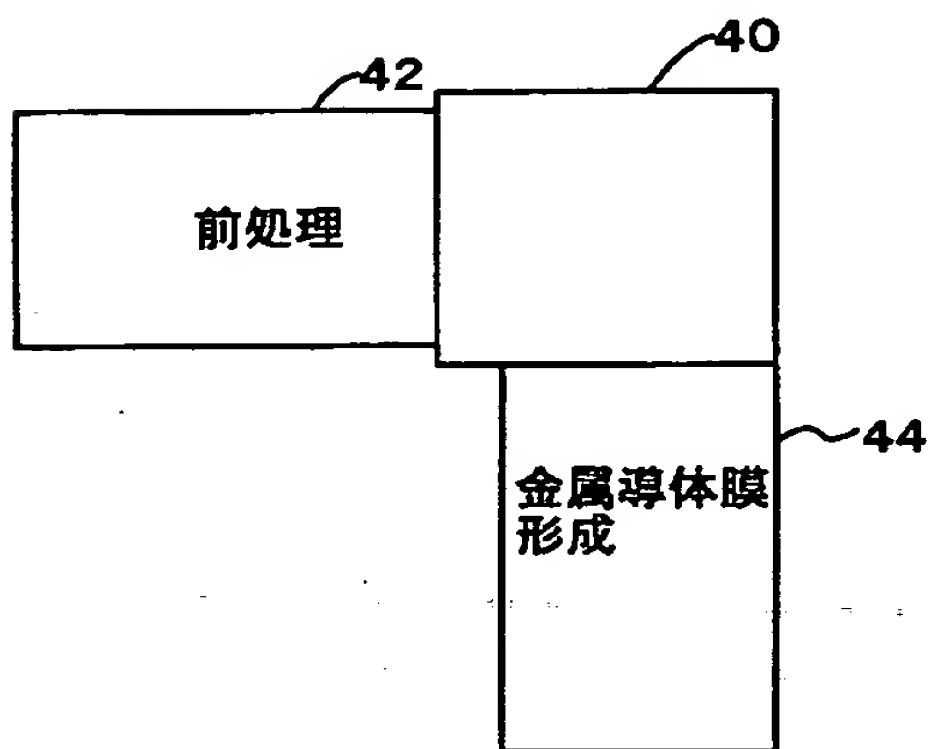
【図19】



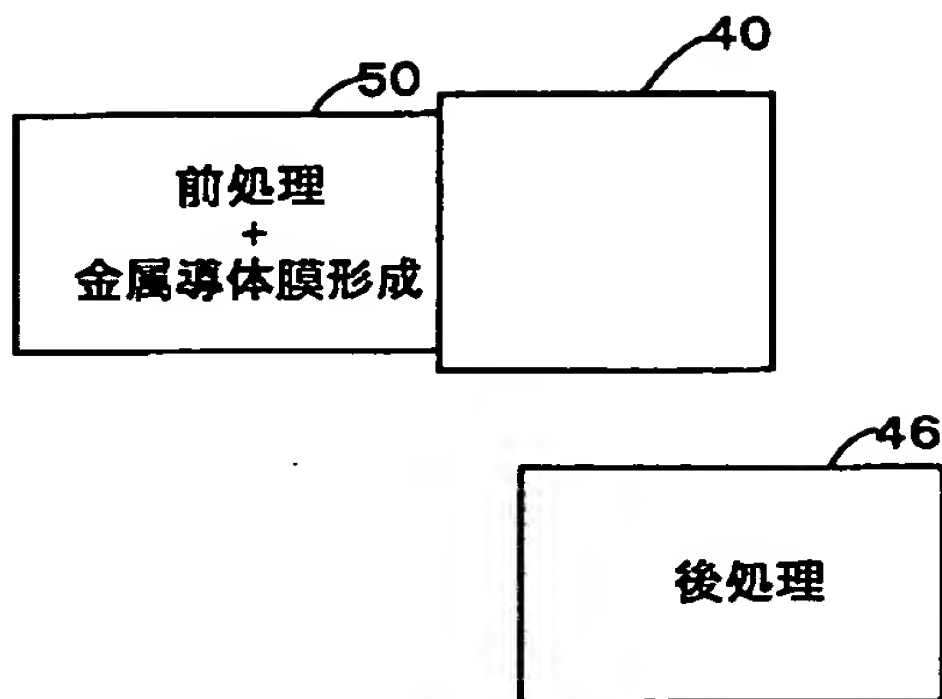
【図 2 0】



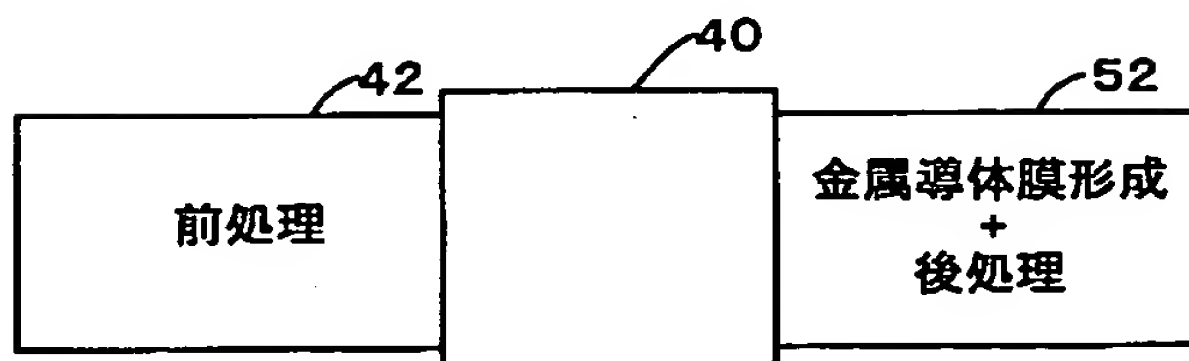
【図 2 1】



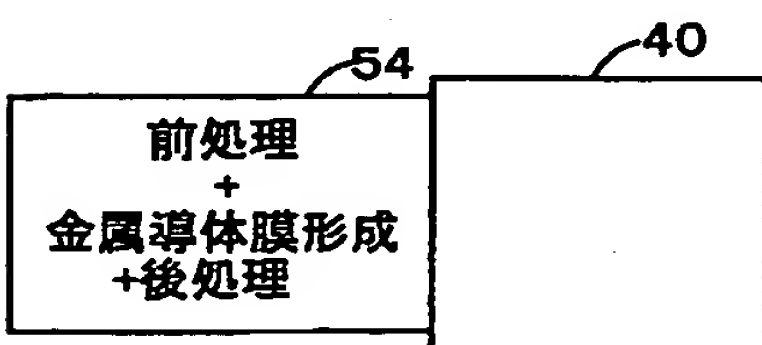
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バリア金属膜とCVD法によって形成される金属導体膜との間の密着性に優れる半導体デバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】 ビア孔14aおよび配線溝の側壁およびビア孔14の底にTaを用いてバリア金属膜22を形成する（バリア金属膜形成工程：S3）。ついで、 SiH_4 等の還元性ガス雰囲気下で加熱処理する（第1の還元処理工程：S4）。ついで、バリア金属膜22上にCVD法によってCuを用いた金属導体膜24を形成する（金属導体膜形成：S5）。ついで、電気メッキ法により金属導体膜24上にCuを堆積し、金属導体部26を形成する（S6）。ついで、 NH_3 等の還元性ガス雰囲気下で加熱処理する（第2の還元処理工程：S7）。最後に、CMP法により金属導体部26を研磨して平坦化处理する（S8）。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名 東京エレクトロン株式会社